

ЦИКЛИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗАТМЕННОЙ ПЕРЕМЕННОЙ AM LEO

С. Ю. Горда

Коуровская астрономическая обсерватория УрФУ

На основе обработки данных 14-летнего фотометрического мониторинга контактной затменной переменной звезды AM Leo типа W UMa, проводимого с 2007 по 2020 г. на телескопах Коуровской обсерватории УрФУ, были обнаружены циклические изменения блеска системы с периодом 7.6 ± 0.6 г., не связанные с явлением затмений или приливными деформациями компонентов, а также циклические малоамплитудные изменения орбитального периода системы с таким же значением периода. Сделан вывод, что малоамплитудные изменения блеска и периода системы обусловлены циклическим изменением магнитного поля компонентов контактной системы AM Leo, что проявляется в изменении средней поверхностной температуры общей оболочки системы из-за изменения площади холодных или горячих пятен на поверхности компонентов, а также влияния эффекта Эпплгейта на период системы.

CYCLICITY OF VARIATIONS OF THE MAGNETIC FIELD OF THE ECLIPSING VARIABLE AM LEO

S. Yu. Gorda

Kourouka astronomical observatory of Ural Federal University

Based on the 14-year photometric CCD monitoring of the contact eclipsing variable star AM Leo of type W UMa carried out author from 2007 to 2020 at the telescopes of the Kourouka observatory UrFU, the presence cyclic variations in brightness of the system with a period of 7.6 ± 0.6 years, not associated with the phenomena of eclipses and tidal deformations of the components, as well as low-amplitude cyclic variations of the orbital period with the same value of the oscillation period, were found. It was concluded that the low-amplitude variations of the brightness and period of the system are due to the cyclic changes of the magnetic field of the components of the AM Leo, which manifests itself in a change in the average surface temperature of the overall system shell due to changes in the area of cold or hot spots on the surface of the components, as well as the influence of the Applegate effect on the system period.

Затменно-переменная звезда AM Leo (BD+10°2234A) является ярким компонентом ($V = 9.1\text{--}9.7^m$) визуально двойной системы ADS 8024 ($\rho = 11.4''$, $\theta = 270^\circ$). Визуальный компонент (BD+10°2234B) слабее AM Leo в максимуме ее блеска на 1.48^m в V цвете [1]. Первая фотоэлектрическая кривая блеска получена в 1956 г. Уорли и Эггеном [2]. Они определили фотометрические элементы переменной и классифицировали ее как затменную систему типа W UMa ($P = 0.3658^d$). Переменная неоднократно исследовалась фотометрически, с помощью фотоэлектрических приемников излучения были получены многочисленные кривые блеска.

Практически все авторы, изучавшие данную переменную, отмечают временные изменения кривых блеска AM Leo, выражающиеся в возрастании и ослаблении общего блеска системы, изменениях глубин минимумов и появлении разновысокости максимумов, так называемого эффекта О'Коннела. Эти явления могут быть вызваны активностью на поверхности компонентов этой контактной тесной двойной системы, а именно появлением и

исчезновением ярких и темных областей (пятен), что характерно для звезд типа W UMa, обладающих магнитным полем [3]. Тем более что у системы AM Leo зарегистрировано очень слабое рентгеновское излучение [4], которое является индикатором хромосферной и коронарной активности.

Фотометрические наблюдения AM Leo проводились в период с марта 2007 по март 2020 г. на телескопах-рефлекторах АЗТ-3 ($D = 0.45$ м, $F_{\text{Newton}} = 2.0$ м) и AstroSib RC-500 ($D = 0.5$ м, $F = 4.0$ м) системы Риччи–Кретьена астрономической обсерватории Уральского федерального университета. Использовались ПЗС-камеры: Alta U6 фирмы Apogee с чипом Kodak KAF-1001E (1024×1024 , 24 мкм) и с 2015 г. PL A230 фирмы FLI с чипом E2V CCD230-42 (2048×2048 , 15 мкм).

Уже с самых первых ПЗС наблюдений AM Leo, проведенных в 2007 г., было отмечено изменение кривых блеска от ночи к ночи, что присуще звездам типа W UMa, характер которых был описан выше.

Исследование изменения со временем общего блеска системы AM Leo, не связанного с явлениями затмений и эффектами приливных деформаций компонентов, проводилось с использованием метода, применявшегося нами ранее для аналогичных целей при изучении изменений кривых блеска открытой в Коуровской обсерватории новой переменной звезды типа W UMa — GSC3599-2569 [5]. Суть метода заключается в вычислении среднего за ночь значения разности блеска между кривой (участка кривой) блеска, полученной в данную ночь, и реперной, теоретической кривой, синтезированной на основе достоверно установленных значений параметров затменной двойной системы ($\delta m = \Delta m_{\text{obs}} - \Delta m_{\text{teor}}$). В качестве реперной теоретической кривой блеска использовалась кривая, вычисленная на основе данных из работы [6].

Проверка на периодичность полученного нами ряда данных проводилась с использованием программы В. П. Горанского WINEFK, реализующей алгоритм Лафлера–Кинмана. Программа показала заметный, но достаточно широкий пик на частоте, соответствующей периоду 2776 дней $\simeq 7.6$ года. Поскольку в полученных данных явно прослеживается только один период, с целью его уточнения была произведена аппроксимация данных гармонической функцией синус. Результат аппроксимации данных функцией синус приведен на рис. 1, *a*. Здесь следует заметить, что изображенная на рисунке функция синус отражает лишь циклический характер изменений общего блеска системы и его период, но никак не форму изменения везлзатменного блеска AM Leo. На рис. 1, *b*, *c* приведены также изменения блеска AM Leo относительно звезды сравнения в максимумах и минимумах кривой блеска за все время наблюдений $\Delta m = m_{\text{var}} - m_{\text{com}}$.

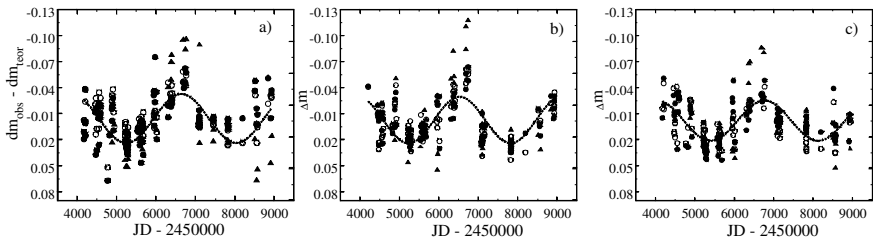


Рис. 1. Малоамплитудные изменения блеска AM Leo со временем: *a* — общий блеск; *b* — блеск в максимумах; *c* — блеск в минимумах кривой блеска после вычета линейных трендов; ▲ — фильтр В; ● — фильтр V; ○ — фильтр R; пунктирная линия — аппроксимационная синусоида

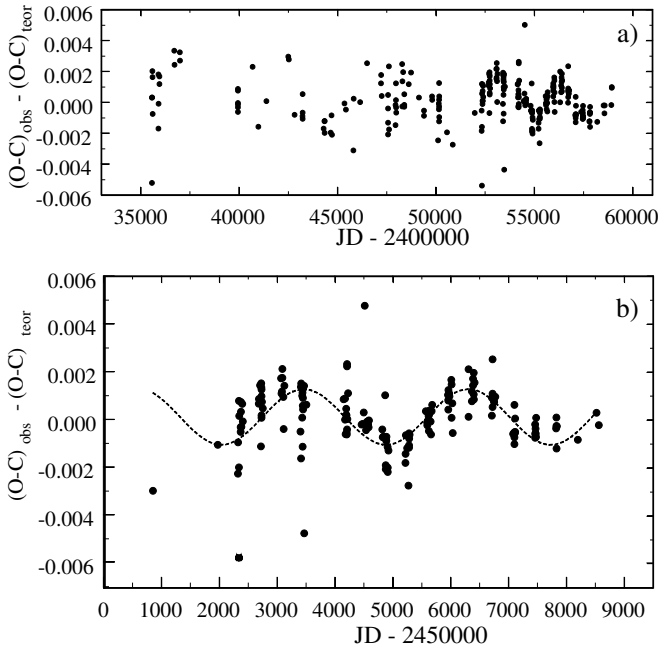


Рис. 2. Разности значений $O - C$ и световой кривой из работы [7]: a — для всех известных значений моментов минимумов; b — для моментов минимумов позднее JD 2450 000; пунктирная линия — аппроксимационная синусоида

Как отмечено во многих работах, период AM Leo заметно изменяется, причиной этого является наличие третьего тела в системе. Время обращения AM Leo по взаимной орбите с третьим телом составляет порядка 50 лет [7]. В то же время, если обратить внимание на распределение разностей $O - C$ моментов минимумов, полученных за последние 20 лет, относительно новой световой кривой, приведенной в работе [7], можно заметить циклический характер этих изменений. Это хорошо видно на графике разностей моментов минимумов $(O - C)_{obs}$ и световой кривой $(O - C)_{teor}$ из работы [7], приведенном на рис. 2, a . На рисунке видно, что плотность точек моментов минимумов, полученных в последние годы, существенно выше, а их разброс меньше, чем в более ранние периоды наблюдений. Это является результатом автоматизации процесса наблюдений, массовым использованием ПЗС-камер и привязки времени к единой системе через Интернет. Вероятно, по этим причинам малоамплитудные изменения периода AM Leo, не связанные с влиянием третьего тела, стали заметны в последнее время. Период, найденный аппроксимацией таких разностей $(O - C)_{obs} - (O - C)_{teor}$ функцией синус (см. рис. 2, b), оказался практически таким же, как и найденный из фотометрических данных. Причем одинаковыми оказались и фа-

зы колебаний. Это обстоятельство указывает на то, что изменения внезатменного блеска AM Leo и малоамплитудные колебания ее периода обусловлены одним и тем же процессом.

Изменение магнитного поля конвективных оболочек компонентов этой ТДС вполне может быть таким процессом. В настоящее время именно этим механизмом чаще всего объясняют изменения блеска и периода ТДС типа W UMa. Магнитная активность на поверхности компонентов проявляется в увеличении или уменьшении числа холодных пятен или более ярких областей, например, факельных площадок на поверхности компонентов, что приводит к небольшим изменениям общей светимости звезды. В то же время эффект Эшплгейта [8], обусловленный перераспределением углового момента при перемещении конвективных потоков в изменяемом магнитном поле компонентов, приводит к изменениям периода системы малой амплитуды.

Таким образом, найденное в данном исследовании значение периода соответствует циклу изменения магнитного поля компонентов этой контактной затменно-переменной системы типа W UMa.

Более подробное описание результатов данной работы приведено в статье [9].

Библиографические ссылки

- [1] *Huller Mary E., Osborn Wayne, Terrell Dirk.* New Light Curves and Orbital Solution for AM Leonis // Public. Astron. Soc. Pacific. — 2004. — Vol. 116, № 818. — P. 337–344.
- [2] *Worley Charles E., Eggen Olin J.* A New Eclipsing Binary: BD +10.2234° (A) // Public. Astron. Soc. Pacific. — 1956. — Vol. 68, № 404. — P. 452–455.
- [3] *Djurašević G., Rovithis-Livaniou H., Rovithis P. et al.* A photometric study of the W UMa-type system U Pegasi // Astron. Astrophys. — 2001. — Vol. 367. — P. 840–847.
- [4] *Stępień K., Schmitt J. H. M. M., Voges W.* ROSAT all-sky survey of W Ursae Majoris stars and the problem of supersaturation // Astron. Astrophys. — 2001. — Vol. 370. — P. 157–169.
- [5] *Gorda S. Yu., Lyaptsev A. P., Sobolev A. M.* Spot activity of the new WUMa-type variable GSC3599-2569 // Astrophysical Bulletin. — 2015. — Vol. 70, № 1. — P. 109–116.
- [6] *Gorda S. Yu.* Spectrometric and photometric study of the eclipsing variable AM Leo // Astrophysical Bulletin. — 2016. — Vol. 71, № 1. — P. 64–74.
- [7] *Gorda S. Yu., Matveeva E. A.* New Light-Time Curve of Eclipsing Binary AM Leo // Information Bulletin on Variable Stars. — 2017. — Vol. 6227. — P. 1.
- [8] *Applegate James H.* A Mechanism for Orbital Period Modulation in Close Binaries // Astrophys. J. — 1992. — Vol. 385. — P. 621.
- [9] *Gorda S. Yu.* Cyclical Changes in the Extraeclipse Brightness and the Period of W UMa-TYPE Close Binary System AM Leo // Astronomy Reports. — 2020. — Vol. 64, № 11. — P. 922–935.